



**University of
Zurich^{UZH}**

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2011

Minimal-invasiver Zugang für EVAR. Chirurgisch oder rein interventionell?

Mayer, Dieter ; Rancic, Zoran ; Wilhelm, M ; Lachat, Mario ; Veith, Frank J

Abstract: Komplikationen kommen sowohl beim rein chirurgischen als auch rein interventionellen (perkutanen) Gefäßzugang nicht selten vor. Sie beinhalten eine nicht zu unterschätzende Morbidität und können sogar zum Tod führen. Wir beschreiben eine Technik, die die Vorteile der chirurgisch offenen mit den rein perkutanen Zugangsmethoden kombiniert: die minimale chirurgische Freilegung des Zugangsgefäßes, gefolgt von einer schnellen und sicheren Punktion mittels einer modifizierten, offenen Seldinger-Technik unter direkter taktiler und visueller Kontrolle. Diese einzigartige Kombination verschiedener Techniken erhöht die Sicherheit des Gefäßzugangs derart, dass lokale Komplikationen fast vollständig vermieden werden können. Ökonomische und sicherheitsrelevante Betrachtungen werden diskutiert, abgerundet durch einen ausgewogenen Überblick über die Vorteile der verschiedenen Techniken.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00772-011-0897-z>

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-58078>

Journal Article

Accepted Version

Originally published at:

Mayer, Dieter; Rancic, Zoran; Wilhelm, M; Lachat, Mario; Veith, Frank J (2011). Minimal-invasiver Zugang für EVAR. Chirurgisch oder rein interventionell? Gefässchirurgie, 16(3):168-172.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00772-011-0897-z>

DOI	10.1007/s00772-011-0897-z
Copyright	Springer-Verlag – 2011

Leitthema

Minimal-invasiver Zugang für EVAR

Chirurgisch oder rein interventionell?

D. Mayer¹ · Z. Rancic¹ · M. Wilhelm¹ · F.J. Veith^{1,2} · M. Lachat¹

¹ Klinik für Herz- und Gefässchirurgie, UniversitätsSpital Zürich, Zürich, Schweiz

² The Cleveland Clinic, New York University Medical Center New York, NY, USA, Zürich, Schweiz

Korrespondenzadresse

Dr. D. Mayer
Klinik für Herz- und Gefässchirurgie, UniversitätsSpital Zürich
Rämistr. 100
8091 Zürich
Schweiz
dieter.mayer@usz.ch

Dr. D. Mayer



Online publiziert: Onlinedatum erscheint nach Freigabe

Zusammenfassung

Komplikationen kommen sowohl beim rein chirurgischen als auch rein interventionellen (perkutanen) Gefäßzugang nicht selten vor. Sie beinhalten eine nicht zu unterschätzende Morbidität und können sogar zum Tod führen. Wir beschreiben eine Technik, die die Vorteile

der chirurgisch offenen mit den rein perkutanen Zugangsmethoden kombiniert: die minimale chirurgische Freilegung des Zugangsgefäßes, gefolgt von einer schnellen und sicheren Punktion mittels einer modifizierten, offenen Seldinger-Technik unter direkter taktiler und visueller Kontrolle. Diese einzigartige Kombination verschiedener Techniken erhöht die Sicherheit des Gefäßzugangs derart, dass lokale Komplikationen fast vollständig vermieden werden können. Ökonomische und sicherheitsrelevante Betrachtungen werden diskutiert, abgerundet durch einen ausgewogenen Überblick über die Vorteile der verschiedenen Techniken.

Schlüsselwörter

Gefäßchirurgie · Arterieller Zugang · EVAR · Komplikationen · Vascular Closure Device

Minimally invasive access for endovascular aortic aneurysm repair

Surgical or purely interventional?

Abstract

Complications of surgical and percutaneous vascular access are well known and can lead to considerable morbidity and even mortality. This article describes a technique which combines the advantages of surgical open and percutaneous access approaches: minimal surgical exposure of the target vessel followed by fast and safe access by a modified open Seldinger technique under direct tactile and visual control. This unique combination of techniques enhances the safety of vascular access such that local complications can be almost totally avoided. Economic and safety considerations are discussed and a balanced view on the advantages of the described technique will be given.

Keywords

Vascular surgery · Arterial access · Endovascular aortic aneurysm repair · Complications · Vascular closure device

Der Zugang auf die A. femoralis communis (AFC) ist eine häufig durchgeführte Maßnahme mit zunehmender Inzidenz aufgrund der weltweiten Zunahme der endovaskulären Versorgung von Aortenaneurysmen (EVAR). Seit der Einführung interventioneller Verschlussysteme (sog. „vascular closure devices“) ist eine Diskussion über den Stellenwert des klassischen chirurgischen Zugangs entbrannt. Die Befürworter beider Techniken betonen die Einfachheit des jeweiligen chirurgischen oder interventionellen Zugangsweges. Eine genaue Analyse der Literatur zeigt jedoch, dass Komplikationen sowohl für den chirurgischen [1, 9] als auch für den perkutan-interventionellen [8, 9] Zugang nicht selten vorkommen.

Beim chirurgischen Zugang führen die folgenden Schritte am häufigsten zu Komplikationen:

- die Freilegung, insbesondere wenn das Gefäß rundum freigelegt wird;
- das Abklemmen der Arterie;
- die Arteriotomie;
- der Verschluss der Arteriotomie.

Bei der klassischen Freilegung der AFC wird das Gefäß auf einer Länge von 2–3 cm freigelegt, zirkumferenziell umfahren und proximal sowie distal geklemmt, bevor die Arteriotomie beginnt. Dieses ansonsten einfache Manöver kann v. a. bei Reeingriffen in der Leiste (z. B. nach Endarteriektomie), nach wiederholten interventionellen Eingriffen (z. B. nach multiplen PTA) und schwer verkalkten oder entzündlich veränderten Gefäßen große Schwierigkeiten bereiten und zur Gefäßschädigung führen. Die Blutung kann Transfusionen und/oder eine lokale Gefäßrekonstruktion notwendig machen. Das Abklemmen, die Arteriotomie und der Verschluss der AFC kann zu einer lokalen Dissektion, Stenose oder Thrombose führen. Weiterhin kann es zur Zerstörung der arteriosklerotischen Plaques mit nachfolgender arterioarterieller Embolie kommen.

! Das Abklemmen, die Arteriotomie und der Verschluss der AFC können jeweils zu einer lokalen Dissektion, Stenose oder Thrombose führen.

Klinisch führen diese Komplikationen zu Blutungen, zur Ausbildung von Pseudoaneurysmen, zur peripheren arteriellen Verschlusskrankheit oder zur akuten Extremitätenischämie im frühen oder späten Verlauf. Beim rein perkutanen, interventionellen Zugang kommt es insbesondere durch die Punktion und/oder die Anwendung von Verschlussystemen zur Ausbildung von arteriovenösen Fisteln, Dissektionen, Thrombosen, Pseudoaneurysmen oder Blutungen. Als

weitere spezifische Komplikationen sind Materialbrüche und der Verlust von Komponenten der Verschlusssysteme beschrieben worden, die unter Umständen die sofortige notfallmässige chirurgische Korrektur notwendig machen. Eine seltene, aber gefürchtete Komplikation der Verschlusssysteme ist die Infektion. Falls diese nicht rechtzeitig erkannt und behandelt wird, kann daraus eine Sepsis mit Multiorganversagen resultieren und letztendlich in einer tödlichen Komplikation enden [2].

Kürzlich hat unsere Arbeitsgruppe eine minimal-invasive, hybride Zugangstechnik beschrieben, welche die Vorteile der chirurgischen und interventionellen Techniken kombiniert und oben erwähnte Komplikationen weitgehend vermeidet [6]. Diese von uns „Surgiclose“ genannte Technik wurde im Verlauf weiter verfeinert und vereinfacht [7]. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über diese Techniken zu vermitteln sowie einen standardisierten Algorithmus für deren Anwendung aufzuzeigen.

Originale Technik („Surgiclose“ I)

Das Zielgefäß wird über eine kleine Inzision lediglich an der Vorderwand minimal freigelegt und nicht umfahren. Anschließend erfolgt der Gefäßzugang über eine offene, modifizierte Seldinger-Technik. Diese hybride Zugangstechnik nennen wir Surgiclose-Technik (ST). Diese kann prinzipiell für alle Zugänge jeglicher Lokalisation und sowohl für arterielle (inklusive der Aorta) als auch venöse Zugänge (z. B. zur Kanülierung bei Anwendung der Herz-Lungen-Maschine) benutzt werden [6]. Die einzigen bekannten Kontraindikationen sind das Vorhandensein von:

- Stents im Zugangsgefäß, die die transperietale Einführung der Schleuse verhindern;
- Dissektionen im Zugangsgefäß, da ein sicheres Einbringen des Drahtes und der Schleuse ins wahre Lumen unter Sicht geschehen muss; und
- auf der gesamten Länge im gesamten Durchmesser verkalkte Zugangsgefäße.

Es wird nachfolgend der Zugang auf die AFC zur EVAR beschrieben. Nach Injektion von 30–60 ml 0,5% Lidocain wird die Vorderwand der AFC durch einen kleinen Längsschnitt unterhalb des Leistenbandes (jedoch oberhalb der Leistenfalte) auf einer Länge von ca. 1–1,5 cm freigelegt (Abb. 1). Anschließend werden in der horizontalen Achse 4 Polypropylenfäden (ETHICON® Prolen 5-0; RB-2 Nadel) einzeln transmural (Abstand Ein-/Ausstich 3–4 mm) mit einem seitlichen Abstand von 1–2 mm vorgelegt (Abb. 2a).

Falls größere Schleusen (>20 F) verwendet werden müssen, kann der Abstand zwischen den inneren beiden Stichen auf 2–4 mm erweitert werden. Im Falle einer kompletten Verkalkung der Vorderwand können die Stiche in der lateralen oder medialen Gefäßwand vorgelegt werden, sofern unter digitaler Palpation eine geeignete plaquefreie Stelle ausgemacht werden konnte. Nun wird das Gefäß zwischen den beiden inneren vorgelegten Nähten mit einer Angiographienadel (CORDIS® One-piece Angiographic Needle mit „snap-on wing“, 70 mm lang, 18-G-Nadel, 0,38“ max. Drahtdurchmesser) punktiert ([Abb. 2b](#), [Abb. 3a](#)). Die entsprechenden Schleusen für die Einführung der Stentprothese werden über den Draht eingeführt ([Abb. 2c,d,e](#), [Abb. 3b,c](#)). Um distale Embolien zu verhindern, wird am Ende des Eingriffs, vor der Schleusenentfernung, die distale AFC digital komplett komprimiert. Die Schleuse sowie der Draht werden entfernt, und es wird bei lockeren vorgelegten Fäden die erste Portion des Blutes mit eventuell vorhandenen Thromben ausgewaschen. Sofort nach diesem Manöver werden alle vier vorgelegten Fäden von einem Assistenten fest angezogen, und der Chirurg knotet danach einen Faden nach dem anderen ([Abb. 2f](#), [Abb. 4](#)). Sollte es nach der Verknotung weiterbluten, wird eine kontinuierliche Naht von den zwei äußersten vorgelegten Fäden nach innen vorgenommen ([Abb. 5](#)).

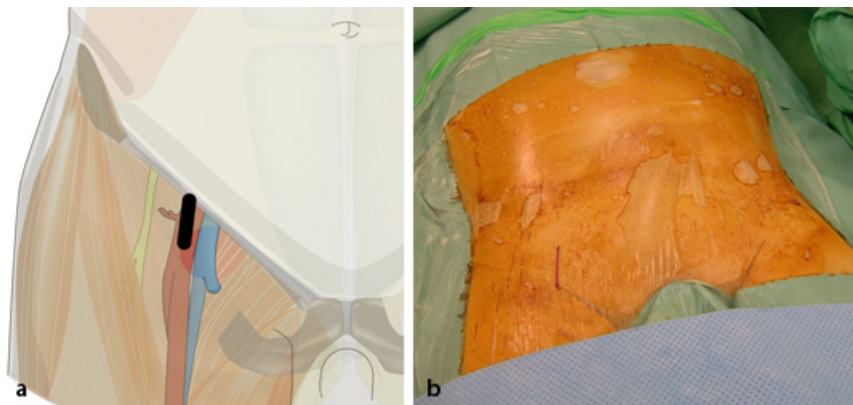


Abb. 1 Illustration der Leisteninzision. Die minimale (2–3 cm) longitudinale Inzision liegt *über* der Leistenfalte und unterhalb des Leistenbandes (*schwarze Linie*)

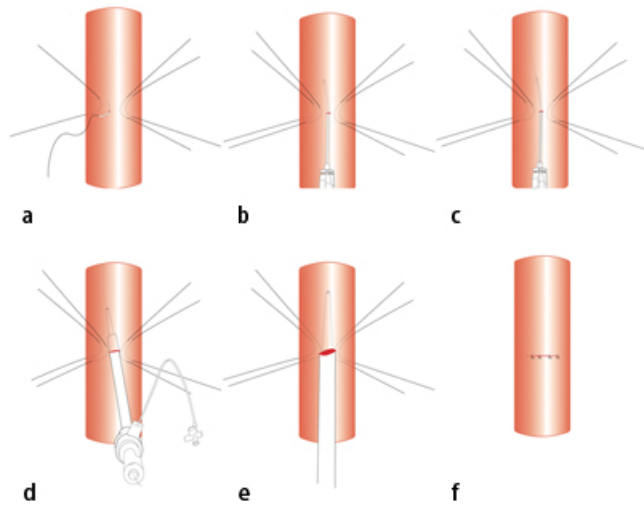


Abb. 2 Illustration der Surgiclose-Technik I. **a** Vorgelegte Nähte. **b** Punktion zwischen den inneren beiden Nähten. **c** Durch das Punctionsloch eingelegter Führungsdraht. **d** Eingeführte vorläufige 5-8F-Schleuse. **e** Einführung der definitiven 18-24F-Schleuse. **f** Knoten angezogen und gekürzt

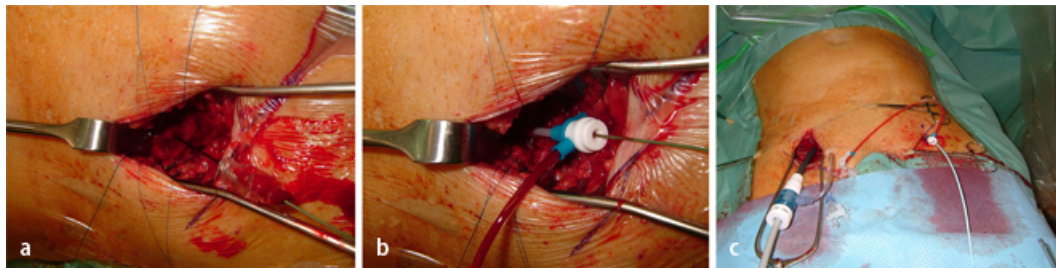


Abb. 3 Intraoperativer Situs bei Surgiclose-Technik I. **a** Punktion zwischen den inneren beiden Nähten. **b** Eingeführte vorläufige 8F-Schleuse. **c**. Eingeführte definitive 24F-Schleuse

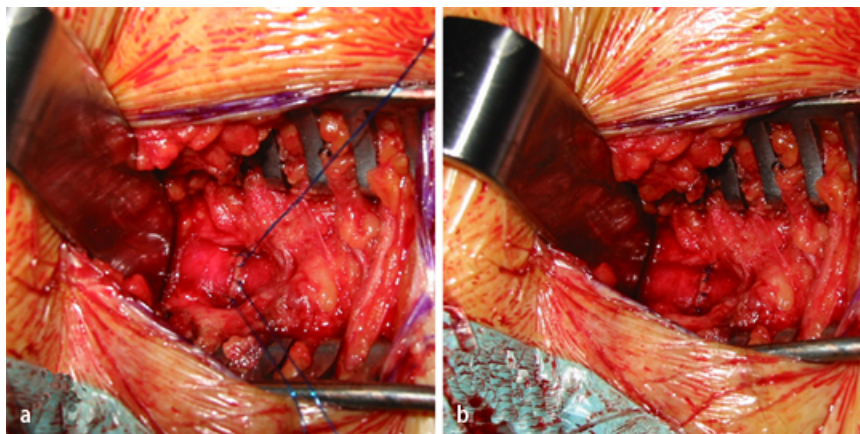


Abb. 4 Aufsicht auf das Zugangsgefäß, Surgiclose-Technik I. **a** Knoten zugezogen und ungekürzt. Keine Blutung vorhanden. **b** Somit werden alle Knoten kurz abgeschnitten.

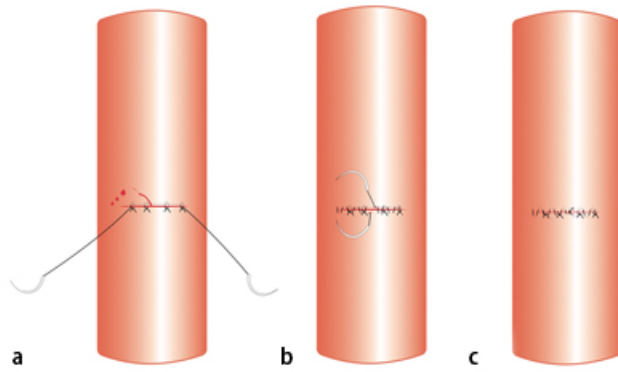


Abb. 5 Illustration der Rettungsschritte bei persistierender Blutung, Surgiclose-Technik I. **a** Persistierende Blutung. **b** Kontinuierliche Naht von außen nach innen zur Mitte des Gefäßes. **c** Geknüpfte und kurz geschnittene kontinuierliche Naht

Von Dezember 2003 bis Dezember 2007 wurden 536 Arterien mittels ST I versorgt: 500 AFC, 32 Iliakalarterien, 4 abdominale Aorten, für 138 thorakale und 346 abdominale EVAR. Je nach Intervention wurden bis Schleusen bis zur Größe 24F verwendet. Die technische Erfolgsrate lag bei 99,1% (Intention-to-treat-Protokoll). Bei 5 Arterien kam es zu einem Versagen der Therapie: Eine AFC war rundum verkalkt, und als neues Zugangsgefäß musste die A. iliaca verwendet werden. Eine A. iliaca war extrem geschlängelt und verhinderte das Vorschieben des Drahtes (die Lösung bestand in der Durchführung eines Standardzugangs). Bei drei AFC kam es zum Ausriss einer oder mehrerer Fäden zu Beginn der Einführung der Technik, was eine digitale Blutungskontrolle und ebenfalls einen klassischen Zugang mit Abklemmen erforderte. Bei 34/484 (7%) Zugangsarterien musste die kontinuierliche Naht zwischen den äußeren beiden vorgelegten Fäden vorgenommen werden, da die einzelnen Knoten die Arteriotomie nicht komplett abgedichtet hatten.

Die mittlere Zugangszeit für die ST I betrug $9 \pm 3,3$ Minuten (Spanne: 5 bis 22 min). Im Follow-up konnten weder klinisch noch computertomographisch ST-I-assoziierte Frühkomplikationen an den Zugangsgefäßen ausgemacht werden. Oberflächliche Infektionen wurden bei 2%, Lymphfisteln in 6% der Fälle diagnostiziert.

Weiterentwicklung (Vereinfachung) der Technik (Surgiclose II)

Im weiteren Verlauf wurde die Technik immer mehr vereinfacht [7]. Während der chirurgische Zugang, die Seldinger-Prozedur und das gebrauchte Material sich nicht

veränderten, wurde die Art und Weise, wie die Nähte vorgelegt wurden, geändert. Anstatt vier wurden nur noch zwei Polypropylenfäden (ETHICON® Prolen 5-0; RB-2 Nadel) als „Z“-Nähte vorgelegt ([Abb. 6](#)). Der Abstand der Nähte kann in Abhängigkeit des Schleusendurchmessers (bei Schleusen >20F) – analog zu oben beschrieben – ebenfalls auf 2–4 mm erweitert werden. Die Resultate bei Verwendung von ST II sind denen von ST I vergleichbar, hingegen konnte die mittlere Zugangszeit nochmals verringert werden. Es mussten jedoch anfänglich, v. a. bei Arterien schlechter Qualität, vermehrt blutstillende kontinuierliche Nähte von außen nach innen angelegt werden. Es wurde deshalb ein Algorithmus erstellt, wann ST I und wann ST II indiziert sind ([Abb. 7](#)).

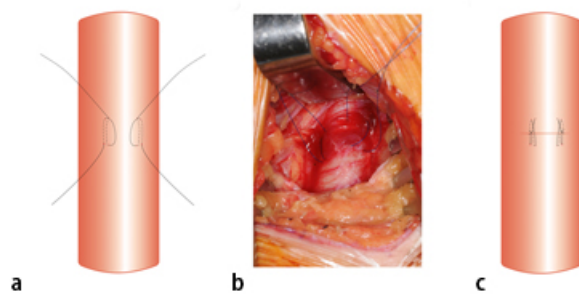


Abb. 6 Illustration der Surgiclose-Technik II. **a.** Es werden lediglich zwei Z-Nähte (statt vier Einzelnähte) vorgelegt. **b.** Intraoperativer Situs mit zwei vorgelegten Z-Nähten. **c.** Nähte geknotet und gekürzt

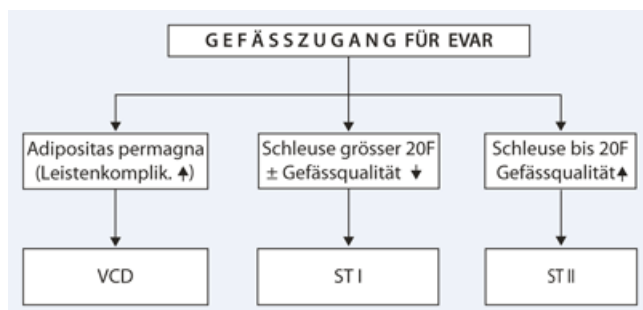


Abb. 7 Minialgorithmus zu den zu verwendenden Verschlussstechniken. *Leistenkomplik.*

Leistenkomplikationsrate; VCD Vascular Closure Device; ST I Surgiclose-Technik I; ST II Surgiclose-Technik II; ↑ hoch; ↓ niedrig

Kosten und Komplikationen perkutaner Verschlusssysteme („vascular closure devices“, VCD)

In den letzten 10 Jahren wurden VCDs weltweit immer häufiger angewendet, v. a. bei der perkutanen koronaren Intervention (PCI). Deren Auswirkungen auf die Kosten solcher Eingriffe sowie die Kosten spezifischer Gefäßkomplikationen nach PCI in den USA wurden kürzlich publiziert [9]. Während die Kosten für ein VCD in den USA ungefähr auf US-\$ 200 beziffert werden, betragen die zusätzlichen komplikationsbezogenen Kosten solcher Devices ein Vielfaches für eine Blutung (US-\$ 5440), ein Hämatom (US-\$ 1399), eine AV Fistel (US-\$ 1415), ein Pseudoaneurysma (US-\$ 6357), eine retroperitoneale Blutung (US-\$ 6698), eine akute Extremitätenischämie (US-\$ 5534) bzw. eine Zugangsinfektion (US-\$ 5127). Die Gesamtkosten für eine einzige VCD-Komplikation wurden im Schnitt auf US-\$ 4200 beziffert.

Eine gepoolte Analyse der publizierten Literatur zeigte für das AngioSeal-Verschlusssystem (das am Besten studierte VCD bis heute, mit sehr großem Sicherheitsprofil) folgende Inzidenz von Gefäßkomplikationen: 1,67% Blutungen, 4,75% Hämatome, 0,20% AV-Fisteln, 0,96% Pseudoaneurysmen, 0,32% retroperitoneale Hämorrhagien, 0,14% akute Extremitätenischämien und 0,33% Zugangsinfektionen.

Vergleichende ökonomische und Sicherheitsbetrachtungen

Die Materialkosten für ST I und ST II belaufen sich auf US-\$ 16 bzw. US-\$ 8 bei Verwendung von zwei respektive einem Polypropylenfaden (ein Faden kann für zwei Stiche verwendet werden!). Dazu addiert werden müssen die Kosten für die benötigte Zeit für den Zugang sowie den Verschluss (ungefähr 10–15 min). Die einzigen zugangsbedingten Komplikationen in unserer Serie waren 2% oberflächliche Frühinfektionen und 6% Lymphfisteln, wobei letztere durch die postoperative Anlage eines Lymphfistelverbands, der 5 Tage in situ bleibt, auf unter 1% gesenkt werden konnten. Leider gibt es nur beschränkte Daten bezüglich der Kosten solcher Komplikationen, was den diesbezüglichen Vergleich unserer Technik mit der rein interventionellen Technik (VCD) schwierig macht. In jedem Fall ist damit zu rechnen, dass bei vermehrter Anwendung von VCDs für EVAR aufgrund

der viel größeren (Faktor 3–5) äußeren Durchmesser der Schleusen als bei der PCI, die devicebezogenen Komplikationen um einiges höher liegen werden als die für PCI publizierten. Die in zwei neueren Studien publizierten guten Resultate des Prostar XL bei EVAR sind aufgrund der kleinen Patientenzahlen und/oder nicht randomisierten Designs (also keine „randomized controlled trials“, RCT) mit Vorsicht zu genießen [3, 10]. Trotz einer kürzlich erschienen Metaanalyse mit vergleichbaren Resultaten zwischen der Anwendung eines Prostar-XL-VCD und dem chirurgischen Zugang [4] sind aufgrund der oben schon genannten Problematik (nur eine RCT von 21 eingeschlossenen Studien in der Metaanalyse, mit lediglich 15 Patienten in jeder Gruppe als Pilotstudie [11]) auf jeden Fall weitere prospektive, randomisierte und kontrollierte Vergleichsstudien notwendig, um (ohne Gefahr einer „Bias“) den definitiven Vergleich der Komplikationsraten und deren Kosten anstellen zu können.

Die Autoren sind heute überzeugt, dass das Sicherheitsprofil von ST I und ST II unschlagbar ist. ST I und ST II kombinieren die Vorteile sowohl der offenen als auch der interventionellen Zugangsmethoden. Der offene Zugang, obwohl klein, erlaubt es, durch gute Visualisierung und digitale Palpation den besten Punktionsort zum Gefäß zu definieren und vermeidet damit den Zugang durch kritische Zonen wie Plaques und Seitenäste. Dies scheint uns besonders wichtig bei der Verwendung von Schleusen mit großen Außendurchmessern von bis zu 24F. Fehlpunktionen durch die Vene und damit die Ausbildung von AV Fisteln werden ebenfalls verhindert. Durch Vermeidung einer gesamten Freilegung des Zugangsgefäßes wird das Gewebetrauma minimiert und das Zugangsgefäß maximal geschont.



! Die Vermeidung der Freilegung des Zugangsgefäßes minimiert das Gewebetrauma und schont das Zugangsgefäß.

Zudem erlaubt es der minimale offene Zugang, den Winkel für die Punktion und die Kraft für die Einführung der Drähte und Schleusen sowie für deren weitere Manipulationen exakt den Gegebenheiten anzupassen. Durch die optimale Platzierung der transmuralen Nähte unter direkter visueller sowie taktiler Kontrolle werden lokale Komplikationen wie Dissektionen, schwere intra- oder postoperative Blutungen, Pseudoaneurysmen, Gefäßdestruktionen sowie Stenosen verhindert. Im Gegensatz zu rein interventionellen Zugangsmethoden kann die Punktionsstelle genau eingesehen und eine Blutung sofort erkannt und noch vor

dem Wundverschluss behoben werden. Die distale Embolisierung von an der Schleuse anhaftenden Thromben kann problemlos verhindert werden, indem dieses Material unter digitaler Okklusion distal der Schleuse zuerst ausgewaschen wird, bevor die Nähte geknotet werden.

Patienten mit Adipositas permagna stellen möglicherweise einen Sonderfall dar. Auch für einen minimalen Zugang auf die Arterie ist in der Regel eine relativ große Inzision notwendig und die Rate von Leistenkomplikationen ist bei Adipositaspatienten erhöht. Der rein perkutane Zugang durch einen erfahrenen Interventionalisten ist bei diesen Patienten wahrscheinlich von Vorteil [3, 10]. Diesem Fakt wird in unserem Minialgorithmus vorgeschlagener Zugangstechniken Rechnung getragen ([Abb. 7](#)).

Fazit für die Praxis

Sowohl die originale als auch die vereinfachte Surgiclose-Technik sind minimal-invasive, schnelle, einfache, billige und trotzdem zuverlässige Zugangstechniken für EVAR-Prozeduren. Sie können gleichermaßen bei Wahleingriffen wie im Notfall angewendet werden. ST I und II können einfach erlernt und universell angewendet werden. Obwohl ursprünglich für den Zugang für EVAR entwickelt, besitzen beide Techniken das Potenzial für eine breitere Anwendung wie zum Beispiel für den arteriellen oder venösen Zugang für die Kanülierung bei der Verwendung der Herz-Lungen-Maschine. Patienten mit Adipositas permagna scheinen durch eine verminderte Rate an Leistenkomplikationen von der Anwendung eines VCD durch einen erfahrenen Anwender zu profitieren.

Interessenkonflikt Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Aljabri B, Obrand DI, Montreuil B et al (2001) Early vascular complications after endovascular repair of aortoiliac aneurysms. *Ann Vasc Surg* 15(6):608–614
2. Cherr GS, Travis JA, Ligush J Jr et al (2001) Infection is an unusual but serious complication of a femoral artery catheterization site closure device. *Ann Vasc Surg* 15(5):567–570

3. Eisenack M, Umscheid T, Tessarek J et al (2009) Percutaneous endovascular aortic aneurysm repair: a prospective evaluation of safety, efficiency, and risk factors. *J Endovasc Ther* 16(6):708–713
4. Haulon S, Hassen Khodja R, Proudfoot CW, Samuels E (2011) A systematic literature review of the efficacy and safety of the Prostar XL device for the closure of large femoral arterial access sites in patients undergoing percutaneous endovascular aortic procedures. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 41(2):201–213
5. Lee WA, Berceli SA, Huber TS et al (2003) Morbidity with retroperitoneal procedures during endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 38(3):459–463
6. Mayer D, Rancic Z, Wilhelm M et al (2008) Improved hybrid technique for vascular access and closure. *J Endovasc Ther* 15(3):322–325
7. Mayer D, Rancic Z, Wilhelm M et al (2010) Mini incision and two strings of suture: more reliable and less expensive. In: Becquemin J, Alimi YS, Gerard J (Hrsg) *Controversies and updates in vascular surgery*. Edizioni Minerva Medica, Torino (Italy), S 207–212
8. Nikolsky E, Mehran R, Halkin A et al (2004) Vascular complications associated with arteriotomy closure devices in patients undergoing percutaneous coronary procedures: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 44(6):1200–1209
9. Resnic FS, Arora N, Matheny M, Reynolds MR (2007) A cost-minimization analysis of the angio-seal vascular closure device following percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol* 99(6):766–770
10. Smith ST, Timaran CH, Valentine RJ et al (2009) Percutaneous access for endovascular abdominal aortic aneurysm repair: can selection criteria be expanded? *Ann Vasc Surg* 23(5):621–626
11. Torsello GB, Kasprzak B, Klenk E et al (2003) Endovascular suture versus cutdown for endovascular aneurysm repair: a prospective randomized pilot study. *J Vasc Surg* 38(1):78–82